

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000217393
PUBLICATION DATE : 04-08-00

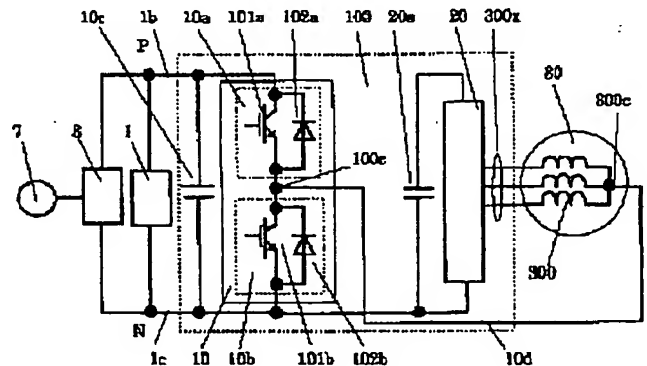
APPLICATION DATE : 26-01-99
APPLICATION NUMBER : 11016492

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : KINOSHITA SHIGENORI;

INT.CL. : H02P 7/63 B60L 9/18

TITLE : VARIABLE SPEED DRIVE SYSTEM OF
AC MOTOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a variable speed drive system which enables PAM control in a low speed region and enables the improvement of electrical system efficiency.

SOLUTION: An inverter 20 outputs an AC voltage whose voltage and frequency are variable. One side ends of the windings 300 of an AC motor 30 which is driven by the inverter 20 and has the same number of phases as the inverter 20 are connected to the AC output side of the inverter 20. The other side of the windings 300 are connected together to form a neutral point 300c. A semiconductor switching arm 10 consists of switching arm units 10a and 10b which are connected in series to each other. Each switching arm unit consists of a semiconductor switching device and a diode which are connected in anti-parallel to each other. The switching arm 10 is connected to both the terminals of a DC power supply 1. The current flow polarity of the semiconductor switching arm 10 is made to agree with the direction of a current flowing from the anode side of the DC power supply. The mutual connection point 100c of the switching arm units 10a and 10b is connected to the neutral point 300c and one terminal of the DC input side of the inverter 20 is connected to one terminal of the DC power supply 1.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-217393

(P2000-217393A)

(43) 公開日 平成12年8月4日 (2000. 8. 4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 2 P 7/63	3 0 2	H 0 2 P 7/63	3 0 2 C 5 H 1 1 5
B 6 0 L 9/18		B 6 0 L 9/18	J 5 H 5 7 6

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-16492

(22) 出願日 平成11年1月26日 (1999. 1. 26)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 木下 繁則

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100091281

弁理士 森田 雄一

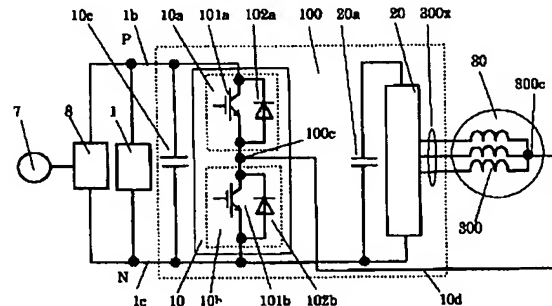
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流電動機の変速駆動システム

(57) 【要約】

【課題】 低速域におけるPAM制御を可能にし、電気システム効率の向上を可能にした可変速駆動システムを提供する。

【解決手段】 可変電圧、可変周波数の交流電圧を出力するインバータ20の交流出力側に、インバータ20により駆動され、かつインバータ20と同相数の交流電動機30の巻線300の一端を接続し、これらの電動機巻線300の他端を一括接続して中性点300cを構成する。半導体スイッチ素子とダイオードとを逆並列接続したスイッチアームユニット10a、10bを直列接続してなる半導体スイッチアーム10を直流電源1の両端に接続し、半導体スイッチアーム10の通流極性を、直流電源1の正極側から通流する方向とし、スイッチアームユニット10a、10bの相互接続点100cと前記中性点300cとを接続し、インバータ20の直流入力側の一端と直流電源1の一端とを接続する。



- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1 直流電源 | 100 コンバータユニット |
| 1b, 1c, 10d 接続部 | 100c 接続点 |
| 7 三相電動機 | 101a, 101b 半導体スイッチ素子 |
| 8, 20 インバータ | 102a, 102b ダイオード |
| 10 半導体スイッチアーム | 80 交流電動機 |
| 10a, 10b スwitchアームユニット | 300 電動機巻線 |
| 10c, 20a コンデンサ | 300c 中性点 |
| | 300x 交流接続端 |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変電圧、可変周波数の交流電圧を出力するインバータの交流出力側に、前記インバータにより駆動され、かつ前記インバータと同相数の交流電動機の巻線の一端を接続し、これらの電動機巻線他端を一括接続して中性点を構成すると共に、半導体スイッチ素子とダイオードとを逆並列接続したスイッチアームユニットを直列接続してなる半導体スイッチアームを直流電源の両端に接続し、前記半導体スイッチアームの通流極性を、前記直流電源の正極側から通流する方向とし、

前記スイッチアームユニットの相互接続点と前記中性点とを接続し、前記インバータの直流入力側の一端と前記直流電源の一端とを接続したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項2】 請求項1記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記インバータの入力電圧を、前記直流電源電圧に対して可変とすることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項3】 可変電圧、可変周波数の交流電圧を出力するインバータの交流出力側に、前記インバータにより駆動され、かつ前記インバータと同相数の交流電動機の巻線の一端を接続し、これらの電動機巻線他端を一括接続して中性点を構成すると共に、半導体スイッチ素子とダイオードとを逆並列接続したスイッチアームユニットを直列接続してなる半導体スイッチアームを直流電源の両端に接続し、前記半導体スイッチアームの通流極性は、前記直流電源の正極側から通流する方向とし、

前記スイッチアームユニットの相互接続点と前記中性点とを接続し、前記インバータの直流入力側の一端と前記直流電源の一端とを接続すると共に、

前記半導体スイッチアームの正極側と前記インバータの直流入力端子の正極側とを回路開閉器を介して接続することを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項4】 請求項3記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記回路開閉器を“閉”にして、前記インバータの入力電圧と前記直流電源電圧とが等しくなるようにしたことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項5】 可変電圧、可変周波数の交流電圧を出力するインバータの交流出力側に、前記インバータにより駆動され、かつ前記インバータと同相数の交流電動機の巻線の一端を接続し、これらの電動機巻線他端を一括接続して中性点を構成すると共に、半導体スイッチ素子とダイオードとを逆並列接続したスイッチアームユニットを直列接続してなる半導体スイッチアームを直流電源の両端に接続し、前記半導体スイッチアームの通流極性は、前記直流電源の正極側から通流

する方向とし、

前記スイッチアームユニットの相互接続点と前記中性点とを第1の回路開閉器を介して接続し、前記インバータの直流入力側の一端と前記直流電源の一端とを接続すると共に、

前記半導体スイッチアームの正極側と前記インバータの直流入力端子の正極側とを第2の回路開閉器を介して接続したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項6】 請求項5記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記第1の回路開閉器を“開”、前記第2の回路開閉器を“閉”にして、前記インバータの入力電圧と前記直流電源電圧とが等しくなるようにしたことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項7】 請求項3、4、5または6記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記回路開閉器を半導体スイッチ回路により構成したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項8】 請求項7記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記半導体スイッチ回路を、サイリスタを逆並列接続して構成したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項9】 請求項7記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記半導体スイッチ回路を、GTOサイリスタを逆並列接続して構成したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項10】 請求項7記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記半導体スイッチ回路を、トランジスタとダイオードとを逆並列接続して構成してなる半導体スイッチ回路を逆直列接続して構成したことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項11】 請求項1～10の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記直流電源が二次電池であることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項12】 請求項1～10の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記直流電源が燃料電池であることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項13】 請求項1～10の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記直流電源が電気二重層キャパシタ電池であることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項14】 請求項1～10の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、

前記直流電源が、エンジン発電機と整流器とからなる電

源であることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項15】 請求項1～14の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、前記インバータ入力電圧 V_i 、インバータ出力電圧（線間電圧実効値） V_o 、前記直流電源の電圧 V_d の関係が以下の式により表されることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

$$V_o \leq 1.5^{1/2} V_d$$

$$V_o \leq 1.5^{1/2} V_i$$

【請求項16】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15または16記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、前記インバータ、前記スイッチアームユニット、前記回路開閉器を構成する半導体スイッチ素子をモノポーラ形半導体スイッチ素子としたことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項17】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15または16記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、前記インバータ、前記スイッチアームユニット、前記回路開閉器を構成する半導体スイッチを、モノポーラ形半導体スイッチ素子とバイポーラ形半導体スイッチ素子とを並列接続したハイブリッド形半導体スイッチとしたことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項18】 請求項16または17記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、モノポーラ形半導体スイッチ素子がMOSFETであることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項19】 請求項17記載の交流電動機の変速駆動システムにおいて、バイポーラ形半導体スイッチ素子がIGBTであることを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【請求項20】 請求項1～19の何れか1項に記載された交流電動機の変速駆動システムにおいて、前記インバータ、前記半導体スイッチングアーム、前記交流電動機を一体構造としたことを特徴とする交流電動機の変速駆動システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、直流電源の電力によって駆動される交流電動機の変速駆動システムに関し、特に電気自動車に適用して好適な可変速駆動システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のこの種の変速駆動システムを、電気自動車を例にとって説明する。図17は、電池を電源とする公知の電気自動車の電気システムを示している。図において、1は直流電源（主電池）、2は車両駆動用交流電動機3を駆動するインバータ、4は減速機、

5はデフギア、6は車輪をそれぞれ示す。また、7は補機電動機であり、エアコン、パワステアリング、各種ポンプ等を駆動するものであるが、ここでは代表して1台のみを示してある。8は補機電動機7を駆動するインバータである。この例では、インバータ2及び電動機3の相数が3の場合で示してある。

【0003】 図18は、図17の電気自動車の速度、牽引力、走行抵抗等の代表的な特性について示したものである。速度0からV1までは定トルク運転域、V1からVmaxまでが定出力域である。定トルク運転域では、インバータ出力電圧を速度に比例して増大させ、定出力運転域では、インバータ出力電圧を一定とする。なお、インバータ入力電圧は全域にわたり一定である。従来の電気システムでは、電気システム効率（インバータと電動機との合成効率）の最大値域（最高効率範囲）は、図示の通り中速、中出力域となっている。一方、平坦路走行時の車両走行抵抗は、図示のように低・中出力域では最大牽引力の1/5以下になっている。また、通常の運転域（常用運転範囲）においても、図示のように車両走行抵抗は最大牽引力の数分の1以下となっている。

【0004】 定トルク運転域では、インバータはPWM（パルス幅変調）制御のVVVF（可変電圧・可変周波数）運転を行っているため、インバータのスイッチングに伴う損失がインバータと電動機に発生し、電気システム効率を下げることとなる。この定トルク運転域における効率を向上させるため、図19に示すように、定トルク運転域でもインバータの入力電圧を可変とし、インバータを1パルス運転するPAM（パルス振幅変調）運転が提案されている。図19の例では、モードIが1パルスでPAM運転の定トルク運転域であり、モードIIが1パルスで出力電圧一定運転の定出力運転域である。定トルク運転域では、インバータの出力電圧は速度に比例して増加するので、インバータ入力電圧も速度に比例して増加させる。このようにインバータ入力電圧を可変とするため、インバータ入力側にチョッパを挿入する。

【0005】 図20は、上述した図19の特性を実現するための回路構成例である。ここで、図17と同一の構成要素は同一番号を付してある。図20において、9は電流2象限昇降圧チョッパであり、このチョッパ9の出力側に三相電圧形インバータ等のインバータ2が接続されている。

【0006】 図21はチョッパ9の回路構成図である。この図21において、91～94はスイッチアームユニットであり、IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）からなる半導体スイッチ素子91a, 92a, 93a, 94aとダイオード91b, 92b, 93b, 94bとを各々逆並列接続して構成されている。95は電流平滑リアクトル、96, 97は電圧平滑コンデンサである。チョッパ9は、直流電源1側から見て電流2象限の降圧チョッパであり、その制御方法及び動作は公知で

あるため、説明を省略する。

【0007】ここで大きな問題となるのは、チョッパ9の大きさ、重量、価格である。このチョッパ9は電動機駆動用インバータ2とほぼ同じ容量のものが必要となるので、その小形・軽量化、価格低減が大きな課題となる。中でも、チョッパ9の電流平滑リアクトル95はインバータ2と同程度の電流定格が必要であり、その小形・軽量化、価格低減が特に大きな課題となっている。この点に鑑み、チョッパの電流リアクトルを必要としない零相インバータ方式が、本出願人による特願平9-345014号として提案されている。

【0008】図22はこの基本システムを示す図であり、図20と同一構成要素は同一番号を付してある。図22において、2aはインバータ、3aは交流電動機、21aはインバータ2aの入力コンデンサである。ここではインバータ2a及び電動機3aが3相の場合で示してある。電動機3aの巻線3a1の各一端はインバータ2aに接続され、他端は全巻線を一括接続して中性点30cを構成する。この中性点30cとインバータ2aの入力側の一端（図ではN側）との間に直流電源1aを接続する。

【0009】その制御方法の概要は、インバータ2aを零電圧ベクトルモードで動作させ、電動機3aの巻線3a1をリアクトルとして使用することで、インバータ2aの半導体スイッチ素子をチョッパスイッチとして使用し、入力コンデンサ21aとインバータ2aとの間で等価的なチョッパを構成するものである。

【0010】この零相インバータ方式では、直流電源電圧 V_d 、インバータ入力電圧 V_i 、電動機誘起電圧尖頭値 V_m との間に次の関係がある。

$$V_i \geq V_d + V_m / \sqrt{3}$$

$$V_i / \sqrt{3} \geq V_d \geq 0$$

【0011】先の図19に示したように、PAM制御を行うためには、低速域においてインバータ入力電圧 V_i を0～ V_d まで可変できることが必要である。上述した図22の方式では、インバータ入力電圧 V_i を V_d 以下に制御することは不可能であるため、低速域ではPAM制御を実現できないことが大きな問題点となっている。そこで本発明は、低速域におけるPAM制御を可能にし、電気システム効率の向上を可能にした可変速駆動システムを提供しようとするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明はインバータの零相モード（零電圧ベクトルモード）を利用すれば、交流電動機巻線の中性点からインバータの直流入力側へ電力を変換できることに着目したものであり、スイッチアームユニットを2個直列接続して構成した半導体スイッチアームを直流電源に並列接続し、スイッチアームユニットの相互接続点と電動機巻線の中性点とを接続すると共に、インバータの入力電圧を直流電源電圧に対して昇降

圧制御可能とし、しかも、電流2象限動作させるようにしたものである。また、本発明では、インバータや前記半導体スイッチアームを構成する半導体スイッチ素子をモノポーラ形またはモノポーラ形とバイポーラ形とのハイブリッド形素子とすることにより、低出力運転域における効率向上を図っている。更に、本発明では、インバータや半導体スイッチアーム等の半導体スイッチ部を収納したコンバータユニットを車両駆動用交流電動機に直接取り付けることにより、駆動システムを一体構造にした可変速駆動システムを提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。まず、図1は第1実施形態の回路構成を示しており、請求項1、2の発明の実施形態に相当する。図1において、10は半導体スイッチアームであり、P側スイッチアームユニット10aとN側スイッチアームユニット10bとを直列接続して構成されている。各スイッチアームユニット10a、10bは、半導体スイッチ素子101a、101bとこれらに逆並列接続されるダイオード102a、102bとからなっている。

【0014】半導体スイッチアーム10の両端は直流電源1に接続され、各スイッチアームユニット10a、10bの相互接続点100cと交流電動機30の巻線300の中性点300cとが接続線10dによって接続されている。10cは半導体スイッチアーム10に並列接続された平滑コンデンサである。また、図17と同様に7は補機電動機、8はインバータである。更に、20は電動機30を駆動するための三相電圧形インバータ等のインバータであり、図20におけるインバータ2に相当する。20aはインバータの入力コンデンサである。図1では、インバータ20、電動機30共に3相の場合で示してある。

【0015】図1において、インバータ20と電動機30とは交流接続線300xによって接続されている。また、前記半導体スイッチアーム10、コンデンサ10c、インバータ20及びコンデンサ20aはコンバータユニット100を構成しており、このコンバータユニット100と直流電源1とは直流接続線1b、1cによって接続されている。

【0016】本実施形態における直流電源1の電圧 V_d 、インバータ入力電圧 V_i の関係を、図1、図2を用いて説明する。まず、図1における中性点300cの、直流電源1の負極側Nに対する電位について考察すると、図1の回路構成において、中性点300cの電位は、PWM制御運転では図2の(a)、1パルス運転では図2の(b)のようになる。ここで問題になるのは、中性点300cの電位が V_d 以上になると、半導体スイッチアーム10のP側ダイオード102aが導通して制御不能になってしまう。従って本実施形態では、いかな

る場合でも中性点300cの電位が V_d 以上にならないようにする必要がある。このため、インバータ入力電圧 V_i 、インバータ出力電圧 V_o （線間電圧実効値）、直流電源電圧 V_d の関係を、次のようにする。

$$V_o \leq 1.5^{1/2} V_d, V_o \leq 1.5^{1/2} V_i$$

【0017】次に、本実施形態の動作を、図1、図3を参照しつつ説明する。まず、力行運転（電力が直流電源1から電動機30に向かう方向の運転）時の降圧制御（インバータ入力電圧 $V_i <$ 直流電源電圧 V_d の場合の制御）について説明する。図3は、図1のインバータ20の3相のうち1相について示したものであり、この図を用いてインバータ1相分の動作を説明する。他の2相も同様の動作、制御となる。なお、図3において、201u、202xはインバータ20の半導体スイッチ素子、203u、204xはこれらに逆並列接続されたダイオード、300uは電動機30の1相分の巻線、301uは1相分の誘起電圧である。

【0018】図3では、ダイオード203uが導通している時、スイッチ素子101bをオフし、スイッチ素子101aをスイッチング制御することにより、直流電源1からの電力を制御し、インバータ20の入力電圧 V_i を目標値に制御する。ダイオード203uが導通しているので、スイッチ素子101aをオンすると電流は経路aを流れ、オフすると経路bを流れる。このチョッピング回路は、通常の降圧チョップ回路と全く同じとなる。

【0019】次に、回生制動運転（電力が電動機30から直流電源1に向かう方向の運転）時の降圧制御について、図4を参照しつつ説明する。図4も、図3と同様にインバータ20を1相分のみ示してある。図4では、スイッチ素子201uがオンしている時、スイッチ素子101bをスイッチング制御することによりインバータ20からの電力を制御して、インバータ20の入力電圧 V_i を目標値に制御する。スイッチ素子201uがオンしているので、スイッチ素子101bをオンすると電流は経路cを流れ、オフすると経路dを流れる。このチョッピング回路は、通常の昇圧チョップ回路と全く同じとなる。

【0020】次いで、力行運転時の昇圧制御（ $V_i > V_d$ の場合の制御）について、図5を参照しつつ説明する。この図5もインバータ20の1相分を示している。スイッチ素子202xがオンしている時にスイッチ素子101aをオンすると、図5の経路eで直流電源1が電動機巻線300uを介して短絡される。スイッチ素子202xがオフすると、電動機巻線300uの直流電流は図の経路fでダイオード203uを介して流れ、インバータ20の入力コンデンサ20aを充電する。このときの電流値の調整は、スイッチ素子101aのオン時間調整により行う。スイッチ素子101aのオン後、電動機巻線電流が規定値以上になった時にスイッチ素子101aをオフすると、電流は細線で示した経路gを流れ、巻線電

流は減少する。つまり、スイッチ素子101aのオン時間制御により、巻線電流すなわちインバータ20への入力電力を調整する。

【0021】次に、回生制動運転時の昇圧制御について、図6を参照しつつ説明する。スイッチ素子201uがオンすると、接続点100cの電位は V_d 、 V_i と電動機誘起電圧尖頭値 V_m との差電圧となり、接続点100cの電位が V_d より大きければ、電流は図示の経路hを流れ、次第に増加していく。また、接続点100cの電位が V_d より小さければ、電流は減少していく。ここで、必要に応じてスイッチ素子101bをオンすれば、電流を増大させることができる。スイッチ素子201uがオフすると、スイッチ素子101bがオフしていれば、電流は経路iで流れるので、直流電源1への電力回生により電流は減少する。電流が規定値に達したら、スイッチ素子101bをオンすると電流は経路jを流れ、ほぼ一定値に保たれる。

【0022】図7は、本発明の第2実施形態の回路構成であり、図1と同一構成要素は同一番号を付してある。図7の実施形態は、インバータ入力電圧が直流電源電圧と同じで良い場合の回路方式である。この実施形態は、図1の回路構成に対して、インバータ20の正極側端子20dと半導体スイッチアーム10の正極側端子10eとを回路開閉器90を介して接続線10f1、10f2により接続したものである。

【0023】電動機巻線300の中性点300cの電位はインバータ入力電圧 V_i の $1/2$ であるので、 $V_i \leq 2V_d$ であれば、半導体スイッチアーム10のスイッチ素子をオンしない限り、中性点300cを通して接続線10dには電流は流れない。半導体スイッチアーム10のスイッチ素子をオフして、回路開閉器90を“閉”にすることにより、図17において $V_i = V_d$ となる回路構成と同様になる。

【0024】更に、図8は本発明の第3実施形態の回路構成であり、図7と同一構成要素は同一番号を付してある。図8の回路構成も、図7と同じくインバータ入力電圧が直流電源電圧と同じで良い場合の回路方式である。この実施形態では、図7の回路構成に対して更に、接続線10dを機械的に確実に切り離すために接続線10d1、10d2に二分し、この中間に回路開閉器91を挿入したものである。図8において、回路開閉器90を“閉”にして回路開閉器91を“開”にすれば、図17の回路構成と同じになる。

【0025】図9は本発明の第4実施形態の回路構成図であり、図7、図8の回路開閉器90、91を、サイリスタ900a、900bを逆並列接続してなる半導体スイッチ回路により構成したものである。また、図10は本発明の第5実施形態の回路構成図であり、図7、図8の回路開閉器90、91を、GTOサイリスタ901a、901bを逆並列接続してなる半導体スイッチ回路

により構成したものである。更に、図11は本発明の第6実施形態の回路構成図であり、図7、図8の回路開閉器90、91を、スイッチ回路903、905の逆直列接続回路により構成し、各スイッチ回路903、905を、トランジスタ902aとダイオード902bとの逆並列接続回路、同904aと904bとの逆並列接続回路によりそれぞれ構成したものである。

【0026】上記の説明では、半導体スイッチ素子としてIGBTを用いているが、MOSFETを用いれば、半導体スイッチ部の損失が低減し、効率を向上させることができる。図12は、トランジスタの電圧-電流特性を示したもので、AがIGBTの特性、BがMOSFETの特性である。MOSFETでは所定の電圧範囲では電流がゼロであるため、損失を低減させることができる。また、図13は図12に示した特性のMOSFET及びIGBTを用いた場合のインバータの出力-効率特性の一例であり、Aが半導体スイッチ素子としてMOSFETを用いた場合の特性、BがIGBTを用いた場合の特性である。同図から、半導体スイッチ素子をMOSFET等のモノポーラ形素子にすると、低出力域で効率が向上することが分かる。

【0027】次に、図14は本発明の第7実施形態の半導体スイッチの回路構成であり、請求項17に記載した発明の実施形態に相当する。図14の半導体スイッチ201u'は、図3のインバータ20の半導体スイッチ素子201uに相当するもので、MOSFET 201u1とIGBT 201u2とを並列接続したハイブリッド形となっており、これらにダイオード203uを逆並列接続して構成されている。図3のインバータ20の他の半導体スイッチ素子101a、101b、202xも同様なスイッチ構成とする。

【0028】図15は、図14の半導体スイッチ201u'及びMOSFET、IGBTの電流-電圧特性である。図15におけるCが半導体スイッチ201u'の電流-電圧特性であり、MOSFETの特性AとIGBTの特性Bを合成した特性となっている。すなわち、電流が I_0 より小さい領域ではMOSFETの特性Aとなり、電流が I_0 より大きい領域ではIGBTの特性Bとなる。これにより、図14のハイブリッド形の半導体スイッチを使用したインバータの効率は、図13に示した特性AとBの間の特性となる。

【0029】なお、半導体スイッチをモノポーラ形とすること、あるいはハイブリッド形とすることは、インバータ30に限らずスイッチアームユニット10a、10bにも適用可能であり、更に、回路開閉器90、91をトランジスタによって構成する場合にも適用可能である。

【0030】図16は、本発明の第8実施形態の回路構成を示している。図16において、図1と同一構成要素は同一番号を付してある。図16は、コンバータユニッ

ト100を電動機30に直接取り付け付けた場合の基本構成であり、電動機30の固定手段や冷却系については省略してある。図16において、30gは回転子、30bは出力軸、30cは固定子、30dはフレーム、30e1、30e2は軸受である。

【0031】コンバータユニット100は、コンバータ構成要素であるインバータ20、コンデンサ20a、半導体スイッチアーム10、コンデンサ10cを、共通取付台100aを介して電動機30のフレーム30dに取り付ける。100bはコンバータユニットカバーである。インバータ20と電動機30とを接続する交流接続線300xは、フレーム30dの貫通孔30fを通して電動機巻線300と接続する。同図からわかるように、交流接続線300xはコンバータユニットカバー100bの内部で接続されるため、外部の気中にさらされることはない。

【0032】以上のように、本発明を電気自動車の車両駆動システムに適用した場合につき説明したが、本発明は、直流電源を動力源とする交流電動機を駆動する各種の可変速駆動システムに適用することができる。また、各実施形態では直流電源として二次電池を使用した場合を示しているが、他の直流電源、すなわち、

- (1) 燃料電池
- (2) 電気二重層キャパシタ電池
- (3) 車載エンジン発電機と整流器とによる直流電源
- (4) 上記(1)～(3)の電源の組み合わせ

を適用できることは勿論である。

【0033】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は交流電動機の巻線の中性点を半導体スイッチ素子を介して直流電源に接続し、また、インバータの零電圧ベクトル出力動作を利用してインバータをチョップとして動作させるものであり、インバータの入力電圧を直流電源電圧に対し昇降圧制御することにより、以下のような利点を有する。

(1) 低速域においてインバータのPAM制御が可能になるため、PWM制御方式に比べて電動機の損失が大幅に低減され、低速域におけるシステム効率が向上する。特に、電池を電源とする電気自動車等においては、この低速域における効率向上は非常に効果大きい。

(2) 図20、図21に示したような従来のチョップ方式に比べて、チョップのスイッチアームおよびチョップ用リアクトルを省略することができる。

(3) インバータの入力電圧を可変にすることができる。

(4) システム機器の小形・軽量化、低価格化が可能になる。

(5) インバータを最適な電圧値で動作させることができるのでシステム効率が向上する。

(6) 半導体スイッチ素子をモノポーラ形またはモノポーラ形とバイポーラ形のハイブリッド形とすれば、低出

力域でのインバータの効率が大幅に向上する。

(7) 半導体スイッチ部の構成を一体化し、電動機に直接取り付ける構成とすることにより、駆動システムの小形・軽量化が図れる。

(8) コンバータユニットを電動機に直接取り付けることにより、インバータと電動機との間の交流接続線をフレーム等の金属体により覆って気中にさらされない構造とすることができる。これにより、交流接続線から気中に放射される電磁ノイズが大幅に低減する。特に、電気自動車等へ適用した場合にこの効果は非常に大きい。以上の点から、本発明を電気自動車に適用した場合の効果は非常に大きく、電気自動車の普及・発展に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の回路構成図である。

【図2】図1の動作説明図である。

【図3】図1における力行、降圧時の動作説明図である。

【図4】図1における回生制動、降圧時の動作説明図である。

【図5】図1における力行、昇圧時の動作説明図である。

【図6】図1における回生制動、昇圧時の動作説明図である。

【図7】本発明の第2実施形態の回路構成図である。

【図8】本発明の第3実施形態の回路構成図である。

【図9】本発明の第4実施形態の回路構成図である。

【図10】本発明の第5実施形態の回路構成図である。

【図11】本発明の第6実施形態の回路構成図である。

【図12】半導体スイッチ素子の電圧-電流特性図である。

【図13】インバータの効率特性図である。

【図14】本発明の第7実施形態の回路構成図である。

【図15】図14の半導体スイッチ素子の電圧-電流特性図である。

【図16】本発明の第8実施形態の構成図である。

【図17】従来技術による電気自動車の駆動システム構成図である。

【図18】従来技術による電気自動車の駆動特性図である。

【図19】従来技術による他の電気自動車の駆動特性図である。

【図20】従来技術による他の電気自動車の駆動システム構成図である。

【図21】図20におけるチョッパの回路構成図である。

【図22】従来技術による他の電気自動車の駆動システム構成図である。

【符号の説明】

1 直流電源

1b, 1c, 10d, 10d1, 10d2, 10f1,

10f2 接続線

7 補機電動機

8, 20 インバータ

10 半導体スイッチアーム

10a, 10b スwitchアームユニット

10c, 20a コンデンサ

10e, 20d 正極側端子

100 コンバータユニット

100a 共通取付台

100b コンバータユニットカバー

100c 接続点

101a, 101b, 201u, 201u', 202x
半導体スイッチ素子

102a, 102b, 203u, 204x, 902b,

904b ダイオード

201u1 MOSFET

201u2 IGBT

30 交流電動機

30a, 300c 中性点

30b 出力軸

30c 固定子

30d フレーム

30e1, 30e2 軸受

30f 貫通孔

30g 回転子

300, 300u 電動機巻線

301u 誘起電圧

300x 交流接続線

90, 91 回路開閉器

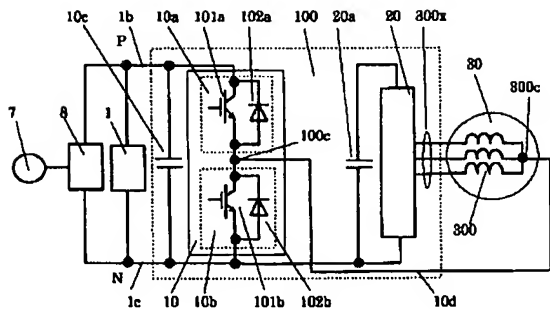
900a, 900b サイリスタ

901a, 901b GTOサイリスタ

902a, 904a トランジスタ

903, 905 半導体スイッチ回路

【図1】



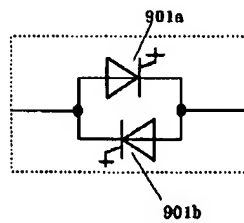
1 直流電源
1b, 1c, 1d 接続線
7 橋検電機
8, 20 インバータ
10 半導体スイッチアーム
10a, 10b スwitchアームユニット
10c, 20a コンデンサ

100 コンバータユニット
100c 接続点
101a, 101b 半導体スイッチ素子
102a, 102b ダイオード
80 交流電動機
300 電動機巻線
300e 中性点
300x 交流接続線

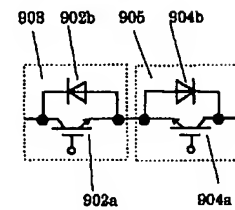
【図2】



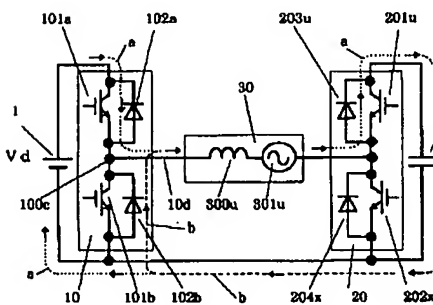
【図10】



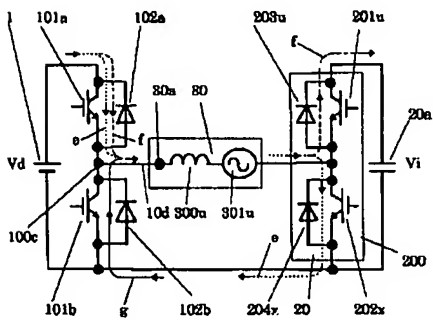
【図11】



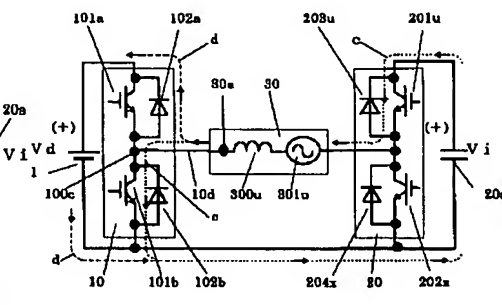
【図3】



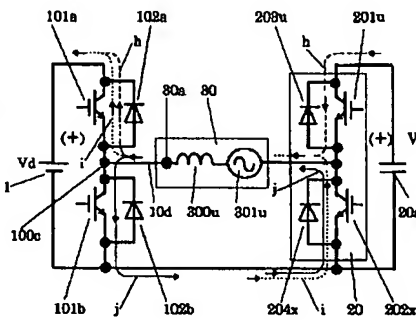
【図5】



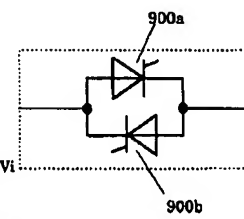
【図4】



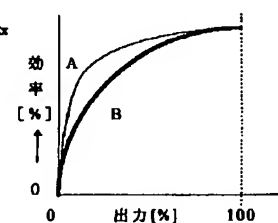
【図6】



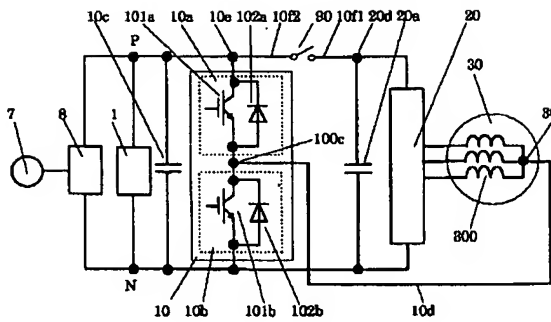
【図9】



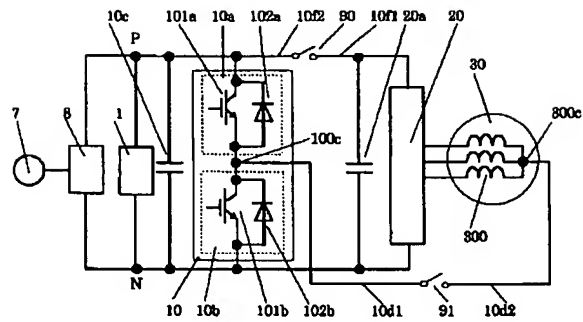
【図13】



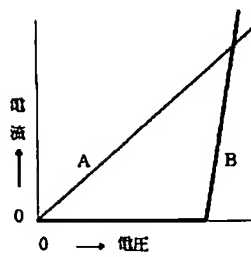
【图7】



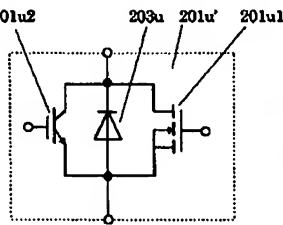
【图8】



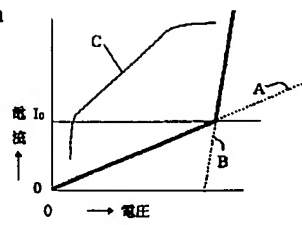
【图12】



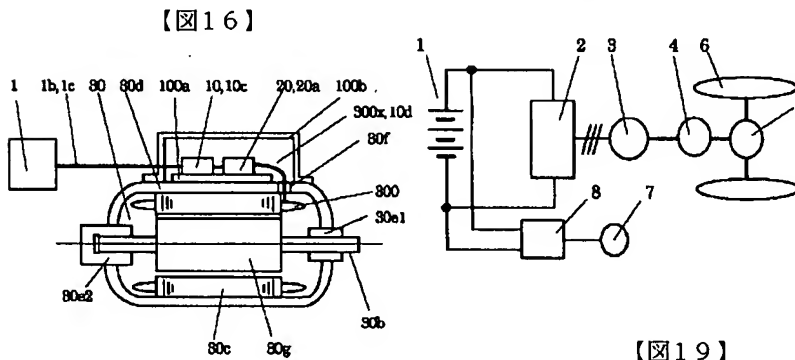
【图14】



【图15】

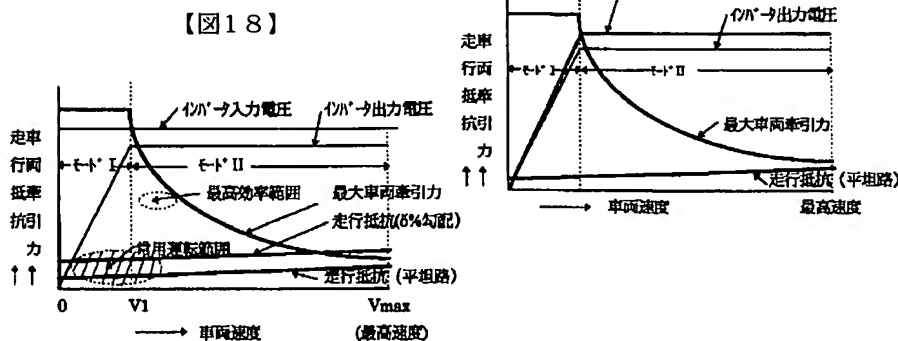


【图17】

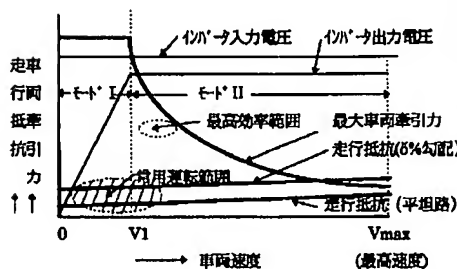


【图16】

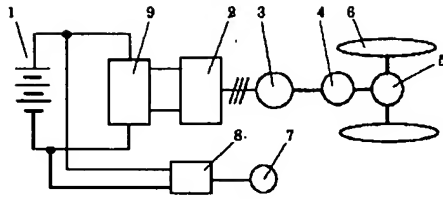
【图19】



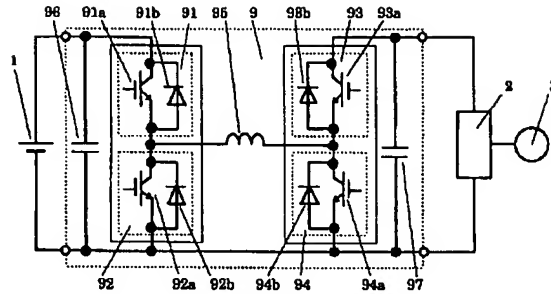
【图18】



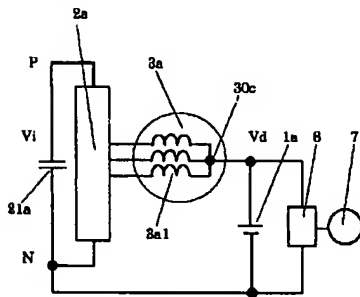
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H115 PA11 PC06 PG04 PI13 PI16
PI24 PI29 PU08 PU26 PV03
PV09 PV23 PV24 PV25 PV28
RB21 RB22 RB25 UI32 UI34
5H576 AA15 BB02 BB03 BB05 BB10
CC01 CC02 CC04 CC06 DD02
DD04 EE04 EE09 EE11 EE19
EE30 HA02 HA03 HA04 HA05
HA07 HB02 HB10 PP02